

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-183247  
 (43)Date of publication of application : 14.07.1998

(51)Int.Cl.

C21D 8/12  
 C22C 38/00  
 C22C 38/06  
 H01F 1/16

(21)Application number : 08-347762

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 26.12.1996

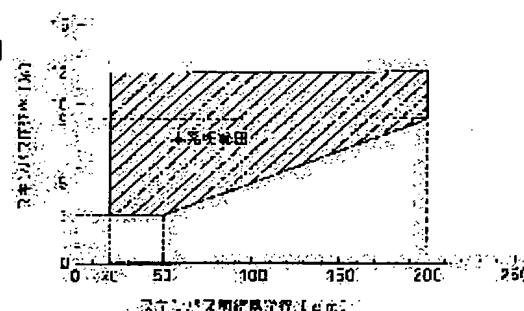
(72)Inventor : ABE TOMOYUKI  
 SENO SEIICHI  
 YAMAMOTO MASAHIRO

**(54) PRODUCTION OF NONORIENTED SILICON STEEL SHEET HIGH IN MAGNETIC FLUX DENSITY IN LOW MAGNETIZING FORCE**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a stock high in magnetic flux density in low magnetizing force.

**SOLUTION:** As for the method for producing a nonoriented silicon steel sheet, a steel contg., by weight,  $\leq 0.010\%$  C, 0.1 to 2.0% Si,  $\leq 1.5\%$  Mn,  $\leq 1.0\%$  Al,  $\leq 0.15\%$  P,  $\leq 0.01\%$  S and  $\leq 0.01\%$  N, contg., at need, Ni, Sn and Cu, and the balance Fe with inevitable impurities is subjected to hot rolling, is subjected to cold rolling for one time or  $\geq$  two times including process annealing as it is without executing hot rolled sheet annealing or after hot rolled sheet annealing or self-annealing, is thereafter annealed, is subsequently subjected to skinpass cold rolling and is thereafter annealed. The skinpass cold rolling is executed under the conditions of 3 to 12% in the case the grain size before the skinpass is 20 to  $< 50\mu\text{m}$  or 12%  $\geq$  skinpass rate [%]  $\geq 0.04 \times$  the grain size [ $\mu\text{m}$ ] before the skinpass + 1 in the case it is 50 to  $200\mu\text{m}$ .



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-183247

(43)公開日 平成10年(1998)7月14日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

C 21 D 8/12

C 22 C 38/00

38/06

H 01 F 1/16

識別記号

3'03

F I

C 21 D 8/12

C 22 C 38/00

38/06

H 01 F 1/16

A

3 0 3 U

A

審査請求 未請求 請求項の数2 O.L (全5頁)

(21)出願番号

特願平8-347762

(22)出願日

平成8年(1996)12月26日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 阿部 智之

福岡県北九州市戸畠区飛幡町1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内

(72)発明者 妹尾 聖一

福岡県北九州市戸畠区飛幡町1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内

(72)発明者 山本 政広

福岡県北九州市戸畠区飛幡町1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内

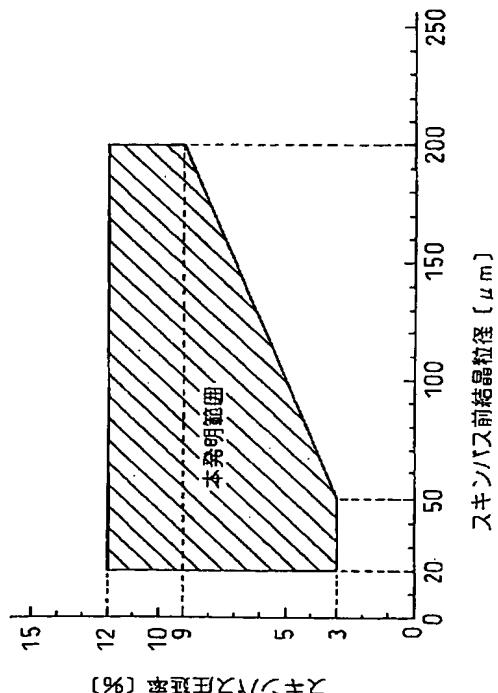
(74)代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

(54)【発明の名称】 低磁化力での磁束密度が高い無方向性電磁鋼板の製造方法

(57)【要約】

【課題】 低磁化力での磁束密度の高い素材を提供する。

【解決手段】 重量% で、C  $\leq$  0.010%、0.1%  $\leq$  Si  $\leq$  2.0%、Mn  $\leq$  1.5%、Al  $\leq$  1.0%、P  $\leq$  0.15%、S  $\leq$  0.01%、N  $\leq$  0.01%、必要に応じNi、Sn、Cuを含有し、残部はFe及び不可避の不純物からなる鋼を、熱間圧延後、そのまま熱延板焼純なしに、もしくは熱延板焼純、もしくは、自己焼純を施し、一回または中間焼純を挟む二回以上の冷間圧延をおこなった後、焼純を行ない、引続きスキンパス冷延後に焼純を施す無方向性電磁鋼板の製造方法において、スキンパス前の結晶粒径が、20  $\mu$ m 以上50  $\mu$ m 未満の場合には3%以上12% 以下、または、50  $\mu$ m 以上200  $\mu$ m 以下の場合は、12%  $\geq$  スキンパス率[%]  $\geq$  0.04  $\times$  スキンパス前結晶粒径[ $\mu$ m] + 1の条件でスキンパス冷延することを特徴とする低磁化力での磁束密度が高い無方向性電磁鋼板の製造方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量% で、

$C \leq 0.010\%$ 、  
 $0.1\% \leq Si \leq 2.0\%$ 、  
 $Mn \leq 1.5\%$ 、  
 $Al \leq 1.0\%$ 、  
 $P \leq 0.15\%$ 、  
 $S \leq 0.01\%$ 、  
 $N \leq 0.01\%$ 、

を含有し、残部はFe及び不可避的不純物からなる鋼を、熱間圧延後、そのまま熱延板焼鈍なしに、もしくは熱延板焼鈍、もしくは、自己焼鈍を施し、一回または中間焼鈍を挟む二回以上の冷間圧延をおこなった後、焼鈍を行ない、引続きスキンパス冷延後に焼鈍を施す無方向性電磁鋼板の製造方法において、スキンパス前の結晶粒径が、

$20 \mu m$  以上  $50 \mu m$  未満の場合には、スキンパス冷延率3%以上12%以下、または、 $50 \mu m$  以上  $200 \mu m$  以下の場合は、 $12\% \geq$ スキンパス冷延率[%]  $\geq 0.04 \times$ スキンパス前結晶粒径[ $\mu m$ ]+1の条件下スキンパス冷延することを特徴とする低磁化力での磁束密度が高い無方向性電磁鋼板の製造方法。

【請求項2】 重量% で、更に前記鋼が、

$Ni \leq 2.0\%$ 、  
 $Sn \leq 0.50\%$ 、  
 $Cu \leq 1.0\%$ 、

を含有することを特徴とする請求項1記載の低磁化力での磁束密度が高い無方向性電磁鋼板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、低磁化力での磁束密度が高い無方向性電磁鋼板の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、鉄損を下げる目的で、スキンパス冷延がおこなわれてきた。そのうち、スキンパス冷延前の結晶粒径が開示されている従来技術として、以下の先行技術が挙げられる。特開平2-179823号公報では、冷延後の仕上連続焼鈍を再結晶以上～平均結晶粒径 $20 \mu m$  未満となる条件でおこなった後、3～15%の最終スキンパス冷延を施す無方向性電磁鋼板の製造方法が提示されている。

【0003】 また、特開平1-191741号公報では、熱延板を焼鈍後、3～15%スキンパス冷延し、さらに熱延板を焼鈍し、冷間圧延する無方向性電磁鋼板の製造方法が提示されている。これは、熱延板にスキンパス冷延した後、熱延板の結晶粒径をある値以上にし、磁性を改善する技術である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 モータの高効率化の要

求が高まるにつれ、モータの設計磁束密度を下げてでも高効率化をはかるモータが必要になってきた。その結果、それらモータに使用される無方向性電磁鋼板に対して、低磁化力での磁束密度の高い素材が求められるようになってきた。この要求を満足するには、最終製品（スキンパス冷延に続く焼鈍後の材料）の結晶粒径を十分に粗大化する必要がある。

【0005】 ところが、特開平2-179823号公報や特開平1-191741号公報に開示されているような従来の技術で

10 は、この要求に応えられない。特開平2-179823号公報の方法では、スキンパス冷延に続く焼鈍後の結晶粒径が充分に粗大にならず、低磁化力での磁束密度が向上しない。また、特開平1-191741号公報では、熱延板の結晶粒径は粗大化するものの最終製品の粒径を粗大化する技術ではない。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 そこで、本発明者らは、上記問題に鑑み、鋭意検討を行った結果、スキンパス冷延前の結晶粒径とスキンパス冷延圧下率を制御すること

20 により、上記課題を解決できることを発明した。その内容は以下の通りである。重量% で、 $C \leq 0.010\%$ 、 $0.1\% \leq Si \leq 2.0\%$ 、 $Mn \leq 1.5\%$ 、 $Al \leq 1.0\%$ 、 $P \leq 0.15\%$ 、 $S \leq 0.01\%$ 、 $N \leq 0.01\%$ 、を含有し、残部はFe及び不可避的不純物からなる鋼を、熱間圧延後、そのまま熱延板焼鈍なしに、もしくは熱延板焼鈍、もしくは、自己焼鈍を施し、一回または中間焼鈍を挟む二回以上の冷間圧延をおこなった後、焼鈍を行ない、引続きスキンパス冷延後に焼鈍を施す無方向性電磁鋼板の製造方法において、スキンパス前の結晶粒径が、 $20 \mu m$  以上  $50 \mu m$  未満の場合にはス

30 キンパス冷延率3%以上12%以下、または、 $50 \mu m$  以上  $200 \mu m$  以下の場合は、 $12\% \geq$ スキンパス冷延率[%]  $\geq 0.04 \times$ スキンパス前結晶粒径[ $\mu m$ ]+1の条件下スキンパス冷延することを特徴とする低磁化力での磁束密度が高い無方向性電磁鋼板の製造方法である。

【0007】 また、上記鋼に重量% で、 $Ni \leq 2.0\%$ 、 $Sn \leq 0.50\%$ 、 $Cu \leq 1.0\%$ を含有することを特徴とする上記記載の低磁化力での磁束密度が高い無方向性電磁鋼板の製造方法である。

## 【0008】

40 【発明の実施の形態】 以下に本発明の詳細を説明する。まず、本発明の成分限定理由について述べる。Cは、鉄損を増加させる有害な成分で、磁気時効の原因となるので、0.010%以下とする。

【0009】 Siは周知のように鉄損を下げるのに有効な元素であり、この効果を得るために0.1%以上含有させる必要がある。一方、その含有量が増えると磁束密度が低下し、また、圧延作業性の劣化、仕上げ焼鈍温度の上昇を招き、さらにはコスト高ともなるので2.0%以下とする。MnはSiと同様に鉄損を下げるのに有効な元素ではあるが、1.5%超になると磁束密度が下がるので1.5%以下と

する。Mnが0.05%以下では磁気特性が劣化するので下限は0.05%とする。

【0010】AlはSiと同様に、固有抵抗を高めて鉄損を下げる効果があるため、含有させてても良いが、本発明においてはSiにより固有抵抗を高めればよいので特に下限はもうけない。一方、Al含有量が増えると磁束密度が低下するので、1.0%以下とする。また、Alには、固溶Nを低減させ、窒化物の微細析出を抑制する効果ももたらしているため、Alの少ない場合にはBを添加し、NをBNの形で粗大析出させて無害化させることも本発明を損なわない。

【0011】Pは、0.15%を越えると鉄損を大きくするので0.15%以下とする。Sは0.01%を越えるとMnSなどの硫化物が微細に析出し、仕上げ焼鈍時の粒成長を阻害し、鉄損を大きくするので0.01%以下とする。Nは0.01%を越えるとAINなどの窒化物が微細に析出し、仕上げ焼鈍時の粒成長を阻害し、鉄損を大きくするので0.01%以下とする。

【0012】Niは飽和磁化を向上させ、集合組織を改善するので添加するが、過剰添加はコストアップを招くので2%以下とする。Snは集合組織を改善するので添加するが、過剰添加はコストがアップし、脆性が悪化するので0.5%以下とする。Cuは集合組織を改善するので添加するが、過剰添加は熱延時の表面疵が増加するので1.0%以下とする。

【0013】なお、Ni、Sn、Cuの下限の量については磁気特性を左右する集合組織改善効果の観点から、それぞれNi:0.1%、Sn:0.01%、Cu:0.05%を下限とする。次に製造方法の限定理由について述べる。本発明者らは、スキンパ\*

10 \*スキン冷延前の結晶粒径[ $\mu\text{m}$ ]とスキンパス冷延率[%]について検討した結果、図1に示すように両者の間には一定の関係があることが分った。すなわち、スキンパス圧下率は、高すぎると、引続く焼鈍において新たに再結晶核が生成し、スキンパス冷延に続く焼鈍後の結晶粒径が微細になり、 $\Delta B1$ が向上しないので12%以下とする。スキンパス圧下率が低すぎると、引続く焼鈍において、粒成長の駆動力が下がり、スキンパス冷延に続く焼鈍後の結晶粒径が粗大化せず、 $\Delta B1$ が向上しないので3%以上とする。

20 10スキンパス冷延前の粒径が小さすぎると、スキンパス冷延に続く焼鈍で粒成長する核が増加し、スキンパス冷延に続く焼鈍後の結晶粒径が微細になるために、20  $\mu\text{m}$ 以上とする。スキンパス冷延前の粒径を大きくしすぎると、スキンパス冷延との形状が悪化するので200  $\mu\text{m}$ 以下とする。それら効果の間には、実施例で示すように、スキンパス冷延前の結晶粒径が50~200  $\mu\text{m}$ のときは $12\% \geq \text{スキンパス冷延率}[\%] \geq 0.04 \times \text{スキンパス前結晶粒径}[\mu\text{m}] + 1$ の範囲で良好となるのでこの範囲とする。ここで、B1とは、Hが100[A/m]での磁束密度[T]を示す。また、 $\Delta B1$ とは、冷延、焼鈍後の材料を、スキンパス冷延を行なわずに焼鈍したときのB1と、スキンパス冷延を行なって焼鈍したときのB1の差を意味する。

#### 【0014】

#### 【実施例】

(実施例1) 以下に実施例を示す。出発素材を表1に示す成分の鋼とし、工程を、熱延、冷延、焼鈍、スキンパス冷延後、750 °Cで2時間保定後、炉冷とした。

#### 【0015】

#### 【表1】

表1 成分

鋼No.	C [ppm]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [ppm]	T.Al [%]	N [ppm]
1	28	0.15	0.17	0.068	22	0.0015	14

【0016】表2にスキンパス冷延前の結晶粒径とスキンパス冷延圧下率を様々なに変化させた時の $\Delta B1$ を示す。スキンパス冷延前の粒径が20  $\mu\text{m}$ 以上50  $\mu\text{m}$ 未満の場合には、スキンパス冷延圧下率を3%以上12%以下とすることにより、 $\Delta B1$ が向上することがわかる。また、50  $\mu\text{m}$ 以上200  $\mu\text{m}$ 以下の場合は、 $12\% \geq \text{スキンパス率}[\%] \geq 0.04 \times \text{スキンパス前結晶粒径}[\mu\text{m}] + 1$ とすることにより $\Delta B1$ が向上する。

#### 【0017】

#### 【表2】

\* 【0018】(実施例2)出発素材を表3に示す成分の鋼とし、実施例1と同様の工程で無方向性電磁鋼板を製造した。表4に示すようにNi、Sn、Cuを添加しても実施例1と同様の効果があることがわかる。

【0019】

【表3】

10

20

表2 実施例

鋼No.	オシバス圧延前の結晶粒径 [ $\mu\text{m}$ ]	オシバス圧延率 [%]	$\Delta B_1$ [T]	備考
1	22	0	$\leq 0$	比較例
1	22	3	0.01	本発明例
1	22	4	0.02	本発明例
1	22	5	0.05	本発明例
1	22	9	0.03	本発明例
1	22	12	0.01	本発明例
1	22	15	$\leq 0$	比較例
1	51	0	$\leq 0$	比較例
1	51	3	0.03	本発明例
1	51	4	0.1	本発明例
1	51	5	0.08	本発明例
1	51	9	0.1	本発明例
1	51	12	0.03	本発明例
1	51	15	$\leq 0$	比較例
1	103	0	$\leq 0$	比較例
1	103	3	$\leq 0$	比較例
1	103	4	$\leq 0$	比較例
1	103	5	0.03	本発明例
1	103	9	0.14	本発明例
1	103	12	0.02	本発明例
1	103	15	$\leq 0$	比較例
1	198	0	$\leq 0$	比較例
1	198	3	$\leq 0$	比較例
1	198	4	$\leq 0$	比較例
1	198	5	$\leq 0$	比較例
1	198	9	0.03	本発明例
1	198	12	0.02	本発明例
1	198	15	$\leq 0$	比較例

$\Delta B_1$  : 磁化力100 [A/m] での磁束密度

\* 表3 成分

鋼No.	C [ppm]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [ppm]	T.Al [%]	N [ppm]	Ni [%]	Sn [%]	Cu [%]
2	28	0.15	0.17	0.068	22	0.0015	14	2.0	0.50	1.0
3	28	0.15	0.17	0.068	22	0.0015	14			
4	28	0.15	0.17	0.068	22	0.0015	14			
5	28	0.15	0.17	0.068	22	0.0015	14	2.0	0.50	1.0
6	28	0.15	0.17	0.068	22	0.0015	14	2.0	0.50	1.0
7	28	0.15	0.17	0.068	22	0.0015	14	2.0	0.50	1.0
8	28	0.15	0.17	0.068	22	0.0015	14	2.0	0.50	1.0

【0020】

【表4】

7  
表4 実施例

鋼 No.	スキンパス 圧延 前の結晶粒 径 [ $\mu$ m]	スキンパス 圧延率 [%]	$\Delta B1$ [T]	備考
2	32	0	$\leq 0$	比較例 本発明例 比較例
	32	9	0.08	
	32	15	$\leq 0$	
3	58	0	$\leq 0$	比較例 本発明例 比較例
	58	9	0.1	
	58	15	$\leq 0$	
4	88	0	0	比較例 本発明例 比較例
	88	9	0.05	
	88	15	$\leq 0$	
5	92	0	0	比較例 本発明例 比較例
	92	9	0.04	
	92	15	$\leq 0$	
6	78	0	0	比較例 本発明例 比較例
	78	9	0.03	
	78	15	$\leq 0$	
7	67	0	0	比較例 本発明例 比較例
	67	9	0.05	
	67	15	$\leq 0$	
8	34	0	0	比較例 本発明例 比較例
	34	9	0.04	
	34	15	$\leq 0$	

## \* 【0021】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、低磁化力での磁束密度が高い無方向性電磁鋼板が得られ、高効率モータ用鉄心材料として用いられる無方向性電磁鋼板に対する要望に十分にこたえることができ、その工業的効果は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】スキンパス冷延前の結晶粒径とスキンパス冷延圧下率の関係を示す。

10

20

\*

【図1】

